

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 841 658

②1 N° d'enregistrement national : **02 07957**

⑤1 Int Cl⁷ : G 02 B 6/26

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 26.06.02.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 02.01.04 Bulletin 04/01.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : CENTRE NATIONAL DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE CNRS Etablissement
public à caractère scientifique et technologique — FR et
ECOLE POLYTECHNIQUE — FR.

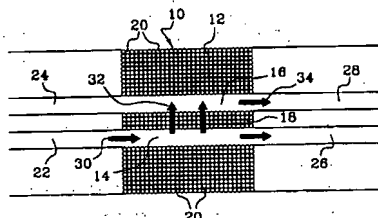
⑦2 Inventeur(s) : BENISTY HENRI, OLIVIER SEGO-
LENE et WEISBUCH CLAUDE.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : ERNEST GUTMANN YVES PLASSE-
RAUD SA.

⑤4 DISPOSITIF DE COUPLAGE OPTIQUE DIRECTIONNEL ET SELECTIF EN LONGUEUR D'ONDE.

⑤7 Dispositif de couplage optique directionnel et sélectif en longueur d'onde, formé dans un cristal photonique (12) et comprenant deux guides d'ondes parallèles (14, 16) séparés par une zone de couplage (18), permettant d'extraire une fréquence particulière d'un signal (30) injecté dans le mode fondamental d'un guide d'onde (14) et de récupérer cette fréquence en sortie (34) de l'autre guide d'onde (16), par couplage entre mode fondamental et mode d'ordre élevé de chaque guide d'onde.



FR 2 841 658 - A1



DISPOSITIF DE COUPLAGE OPTIQUE DIRECTIONNEL ET SELECTIF EN LONGUEUR D'ONDE.

L'invention concerne un dispositif de couplage optique directionnel
5 et sélectif en longueur d'onde, le couplage étant réalisé entre deux guides
d'ondes voisins et sensiblement parallèles.

Il est connu de former des guides d'onde dans des cristaux
photoniques, qui sont des composants bidimensionnels constitués d'une
pluralité d'éléments à distribution périodique, tels que des colonnes
10 parallèles de matière diélectrique ou des trous cylindriques parallèles d'un
substrat diélectrique, les guides d'ondes étant formés dans les cristaux
photoniques par une ou plusieurs rangées manquantes de trous ou de
colonnes.

On a montré, dans l'article « Mini-stopbands of a one-dimensional
15 system : the channel waveguide in a two dimensional photonic crystal » de
S. Olivier, M. Rattier, H. Benisty, C. Weisbuch et al., Physical Review B,
vol. 63, 113311 du 1^{er} mars 2001, que le spectre de transmission d'un
guide d'onde en cristal photonique présente une bande étroite de longueurs
d'ondes non transmises ou mini-stopband (MSB), qui est due à un
20 couplage entre le mode fondamental et un mode d'ordre supérieur du guide
d'onde.

On a également montré, dans l'article « Coupled guide and cavity
in a two-dimensional photonic crystal » de C. J. M. Smith, R. M. de la Rue
et al., Applied Physics Letters, vol 78, n° 11, 12 mars 2001, que, dans un
25 cristal photonique comprenant un guide d'onde et une cavité voisine du
guide d'onde, on pouvait coupler avec une efficacité importante de l'énergie
à travers un nombre relativement élevé de rangées du cristal photonique
par couplage du mode de cavité et du mode d'ordre supérieur du guide
d'onde, ce mode se couplant à son tour dans le mode fondamental.

30 La présente invention a pour but d'utiliser les résultats des travaux
décrits dans ces deux documents antérieurs pour transférer, de façon

sélective en fréquence, de l'énergie entre deux guides d'onde formés dans un cristal photonique.

Elle propose, à cet effet, un dispositif de couplage optique directionnel et sélectif en longueur d'onde entre deux guides d'ondes, caractérisé en ce qu'il comprend un composant plan à structure de cristal photonique constitué d'un pluralité d'éléments à répartition périodique, ce composant comprenant deux guides d'ondes parallèles séparés par une zone de couplage, la zone de couplage étant formée de rangées parallèles et adjacentes desdits éléments à répartition périodique et les guides d'ondes étant formés de rangées parallèles et adjacentes dépourvues de ces éléments ou comprenant de tels éléments dont les dimensions, les positions, ou l'indice de réfraction ont été substantiellement modifiés, les bords longitudinaux des guides d'ondes ayant une structure périodique assurant, pour une fréquence déterminée, d'une part un couplage local entre un mode guidé dans l'un des guides d'ondes et un mode d'ordre supérieur de ce guide d'onde, d'autre part un couplage entre ce mode d'ordre supérieur et un mode d'ordre supérieur de l'autre guide d'onde à travers la zone de couplage et un couplage entre le mode d'ordre supérieur de l'autre guide d'onde et un mode guidé de cet autre guide d'onde, de sorte que ladite fréquence peut être extraite d'un signal guidé dans l'un des guides d'ondes et injectée dans l'autre guide d'onde.

De façon connue de l'homme du métier, le cristal photonique cité ci-dessus est un système bidimensionnel sans structuration verticale, ou un système de membranes minces suspendues où la lumière est confinée verticalement, ou un système du type décrit dans les documents antérieurs cités ci-dessus, c'est-à-dire dans lequel un cristal photonique est gravé au travers d'un guide diélectrique planaire monomode dans l'une des deux polarisations optiques TE ou TM ou dans les deux.

Dans le dispositif selon l'invention, le mode guidé est essentiellement propagatif en direction longitudinale, avec une vitesse de groupe et une constante de propagation qui sont sensiblement du même

ordre que leurs contreparties dans le substrat diélectrique du cristal photonique.

Le transfert d'énergie entre les deux guides d'ondes a lieu via le mode d'ordre supérieur de chaque guide d'onde, ce qui permet de réduire considérablement la longueur nécessaire de la zone de couplage pour que le transfert soit complet. On pourrait avoir par exemple une longueur de zone de couplage d'environ 500 périodes spatiales de la structure du cristal photonique si le couplage était réalisé sur le mode fondamental, tandis que cette longueur peut être réduite à 10 périodes spatiales grâce à l'invention. En outre, du fait du confinement assuré par le cristal photonique, on peut utiliser des modes d'ordre supérieur qui ne fuient pas à l'extérieur des deux guides d'ondes, par exemple des modes de très faible vitesse de groupe ou de constante de propagation très petite devant leurs valeurs dans le substrat diélectrique du cristal photonique. Ces modes seraient en effet couplés au continuum de modes radiatifs du substrat ou de l'air en l'absence de confinement par le cristal photonique. On s'assure ainsi de former un canal de couplage dont les dimensions longitudinales sont les plus petites possible.

De préférence, le mode guidé de chaque guide d'onde est le mode fondamental et le couplage a lieu dans chaque guide d'onde entre le mode fondamental et un mode d'ordre supérieur.

Dans une première forme de réalisation de l'invention, la zone de couplage qui s'étend entre les deux guides d'ondes a des caractéristiques de structure identiques à celles du cristal photonique de part et d'autre des deux guides d'ondes.

Dans une variante de réalisation de l'invention, la zone de couplage entre les guides d'ondes a des caractéristiques de structure différentes de celles du cristal photonique de part et d'autre des guides d'ondes. Par exemple, la dimension, la position, l'indice de réfraction des éléments à répartition périodique du cristal photonique peuvent être différents dans la zone de couplage et dans le reste du cristal photonique.

Par ailleurs, chaque guide d'onde du dispositif de couplage est raccordé à un guide d'onde d'entrée et à un guide d'onde de sortie, qui sont d'un type classique ou qui sont formés dans un cristal photonique. Ces guides d'ondes d'entrée et de sortie, dans lesquels il n'y a pas de couplage
5 entre mode fondamental et mode d'ordre supérieur aux fréquences considérées, sont reliés aux guides d'ondes de couplage par des passages bien définis, adiabatiques ou abrupts.

Il est en général avantageux de prévoir un système intermédiaire entre les guides d'ondes de couplage, pour contrôler plus finement le
10 couplage, ce système intermédiaire pouvant comprendre une modification locale des dimensions, des positions ou de l'indice des éléments périodiques du cristal, comme déjà indiqué, ou une modification locale de la période du cristal photonique, ou encore un élargissement ou un rétrécissement des guides d'ondes dans la zone de couplage, ou une
15 cavité ou un défaut de structure ou un ensemble de cavités ou de défauts de structure dans la zone de couplage, ou un guide d'onde intermédiaire, etc.

Les caractéristiques exactes de fonctionnement du dispositif de couplage selon l'invention sont déterminées en longueur d'onde de
20 couplage et en sélectivité par les paramètres du cristal photonique (période, dimension des éléments, facteur de remplissage, ...), par les paramètres des guides d'ondes de couplage (largeur), par des paramètres de la zone de couplage (longueur de couplage, force de couplage, ...) et par la nature du substrat ou guide diélectrique vertical sous-jacent. On sait
25 en effet que l'indice effectif du mode fondamental du guide diélectrique joue en bonne approximation le rôle de l'indice d'un substrat homogène dans lequel seraient formés des trous ou des colonnes de cristal photonique ayant une extension verticale infinie (article de D. Labilloy et al. dans Physical Review Letters, vol. 79, numéro 21, 24 novembre 1997).

30 L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement à la lecture de la

description qui suit, faite en référence à titre d'exemple aux dessins annexés dans lesquels :

La Figure 1 est une vue schématique en plan d'un dispositif de couplage selon l'invention ;

5 La Figure 2 est une vue schématique en plan d'une variante de réalisation de ce dispositif ;

Les Figures 3 et 4 représentent schématiquement d'autres variantes de réalisation de ce dispositif ;

10 La Figure 5 représente le spectre du signal transmis par un guide d'onde formé dans un cristal photonique ;

La Figure 6 représente le spectre du signal transmis par un guide d'onde d'un dispositif de couplage selon l'invention ;

La Figure 7 représente le spectre de l'énergie couplée dans le guide adjacent.

15 On se réfère d'abord à la Figure 1 dans laquelle on a représenté schématiquement une première forme de réalisation d'un dispositif de couplage optique selon l'invention, qui comprend essentiellement un composant plan 10 à structure de cristal photonique 12 bidimensionnel comprenant deux guides d'ondes 14 et 16 parallèles, séparés par une zone
20 de couplage 18 en cristal photonique, qui s'étend entre ces deux guides d'ondes.

De façon connue de l'homme du métier, le cristal photonique 12 est un ensemble bidimensionnel de colonnes parallèles 14 de matériau diélectrique ou de trous parallèles d'un composant diélectrique, les
25 colonnes et les trous étant perpendiculaires au plan du dessin, qui est le plan du cristal photonique. La périodicité de la structure du cristal photonique est comparable à la longueur d'onde des ondes électromagnétiques dont on veut empêcher la propagation.

Dans une forme de réalisation préférée, le composant 10 comprend
30 un guide d'onde vertical dans lequel est formé le cristal photonique. Les guides d'ondes 14 et 16 sont formés chacun par quelques rangées

manquantes d'éléments 20 du cristal photonique ou par quelques rangées de ces éléments dont les dimensions, les positions et/ou l'indice de réfraction ont été fortement modifiés et la zone de couplage 18 entre les deux guides d'onde est formée par quelques rangées de ces éléments 20.

5 De ce fait, les bords de chaque guide d'onde 14, 16 ont une structure périodique de même période, les largeurs des deux guides d'ondes pouvant être identiques ou différentes.

Chaque guide d'onde 14, 16 du composant 10 est raccordé à un guide d'onde d'entrée 22, 24 respectivement et à un guide d'onde de sortie 10 26, 28 respectivement, ces guides d'ondes d'entrée et de sortie étant soit d'un type classique à contraste d'indice, soit du même type que les guides d'ondes 14, 16 du dispositif de couplage, c'est-à-dire des guides d'ondes réalisés dans un cristal photonique.

15 Dans ce dernier cas, les caractéristiques du cristal photonique formant les guides d'ondes d'entrée et de sortie 22, 24, 26, 28 diffèrent légèrement de celles du cristal photonique 12 comprenant les guides d'ondes 14, 16 de couplage, de sorte que le couplage mis à profit dans ces derniers aux fréquences considérées ne se manifeste pas dans les guides d'entrée et de sortie.

20 Dans ce dispositif, lorsqu'un faisceau optique incident représenté par la flèche 30 est guidé dans le premier guide d'onde 14 dans le mode fondamental, il se propage sans perturbation d'une extrémité à l'autre de ce guide d'onde pour passer dans le guide d'onde de sortie 26, sauf à 25 certaines fréquences où le mode fondamental est couplé à un mode d'ordre supérieur du guide d'onde 14. Ce mode d'ordre supérieur traverse la zone de couplage 18 comme représenté schématiquement par les flèches 32 et parvient dans le guide d'onde 16 où il se couple de façon naturelle et optimale au mode d'ordre élevé de cet autre guide où il est recouplé en mode fondamental se propageant dans le sens indiqué par la flèche 34 30 pour passer dans le guide d'onde de sortie 28.

Le second guide d'onde 16 de dispositif de couplage est le siège d'un phénomène réciproque du couplage de mode qui a lieu dans le premier guide d'onde 14 aux longueurs d'onde non transmises de la MSB.

Le dispositif selon l'invention représenté en Figure 1 permet donc
5 de transférer de l'énergie du mode fondamental d'un guide d'onde à l'autre via le mode d'ordre élevé de chaque guide, aux longueurs d'ondes de la MSB, ce qui permet de réduire considérablement la longueur de couplage nécessaire entre les deux guides pour que le transfert d'énergie soit complet. Par exemple, cette longueur de couplage est de l'ordre de 10
10 périodes spatiales du cristal photonique grâce au couplage par les modes d'ordre élevé, alors qu'elle serait environ cinquante fois supérieure si le couplage avait lieu entre les modes fondamentaux des deux guides d'ondes.

De plus, les guides d'ondes en cristal photonique permettent de
15 confiner les modes d'ordre supérieur dans les deux guides d'ondes et d'assurer une excellente efficacité de couplage d'un guide d'onde à l'autre, par rapport au mode fondamental. On peut en particulier utiliser des modes de très faible vitesse de groupe ou de constante de propagation très petite devant leurs valeurs dans le substrat diélectrique, qui sont très bien
20 confinés dans les guides d'ondes en cristal photonique alors qu'on constaterait une fuite de ces modes dans des guides d'ondes d'un type classique à contraste d'indice.

Les liaisons entre le composant de couplage 10 à structure de
cristal photonique et les guides d'ondes d'entrée et de sortie doivent être
25 bien définies pour qu'il n'existe pas de couplage entre mode fondamental et mode d'ordre élevé dans les guides d'ondes d'entrée et de sortie.

On peut notamment utiliser pour le couplage un cristal photonique
12 ayant une période spatiale et un facteur de remplissage différents de
ceux des cristaux photoniques dans lesquels sont formés les guides
30 d'ondes d'entrée 22, 24 et les guides d'ondes de sortie 26, 28.

On peut également, comme cela sera décrit plus en détail ci-dessous, modifier certaines caractéristiques de la zone de couplage 18 par rapport à celles du cristal photonique 12 qui se trouve de part et d'autre des guides d'ondes par rapport à cette zone de couplage, pour contrôler plus
5 finement le couplage par l'adjonction d'un système intermédiaire. On peut par exemple prévoir un guide d'onde intermédiaire, délimité par des rangées manquantes d'éléments périodiques 20 du cristal photonique, entre les guides d'ondes 14 et 16 précités.

La structure de la zone de couplage 18 permet également de
10 déterminer la directionnalité des dispositifs de couplage selon l'invention.

Dans le cas où la zone de couplage 18 a une période spatiale sensiblement égale à celle du cristal photonique 12 environnant, le couplage est co-directionnel, c'est-à-dire que le signal optique sortant du second guide d'onde 16 est orienté dans le même sens que le signal
15 optique entrant dans le premier guide d'onde 14.

Lorsque la zone de couplage 18 comporte un unique défaut de structure assez bien localisé tel par exemple qu'une cavité, le couplage peut être bidirectionnel, c'est-à-dire que les flux optiques sortant du second guide d'onde 16 sont orientés dans le sens de la flèche 34 et dans le sens
20 opposé. Lorsque la zone de couplage 18 comprend plusieurs cavités à espacement multiple de la période fondamentale du cristal, on augmente la sélectivité et l'efficacité du couplage.

Lorsque la zone de couplage 18 a une structure uniforme ou périodique, la longueur de couplage du dispositif est égale à la somme de
25 la longueur de conversion caractéristique entre mode fondamental et mode d'ordre supérieur de chaque guide d'onde L_{msb} et de la longueur de transfert caractéristique d'un mode d'ordre supérieur d'un des guides d'ondes au mode d'ordre supérieur de l'autre guide d'onde L_c , soit :

$$L = L_{msb} + L_c$$

$$= a \frac{4}{(n_a + n_b) \Delta u_{msb}} + a \frac{2}{n_b \Delta u_c}$$

5 où :

- a est la période spatiale des éléments périodiques du cristal,
- n_a est l'indice de groupe du mode fondamental,
- n_b est l'indice de groupe du mode d'ordre supérieur,
- Δu_{msb} est l'écart en fréquence normalisé entre bords de la MSB,
- 10 - Δu_c est l'écart en fréquence normalisé lié au couplage du mode d'ordre supérieur d'un guide à celui de l'autre guide.

Dans cette formule, L_c est le plus souvent très faible et c'est en pratique la longueur de couplage L_{msb} qui détermine la longueur de couplage du dispositif selon l'invention.

15 Comme cela a été représenté très schématiquement aux Figures 3 et 4, la zone de couplage peut être définie par un rétrécissement des guides d'ondes 14 et 16 du dispositif (Figure 3), localisé entre les guides d'ondes d'entrée 22, 24 et les guides d'ondes de sortie 26, 28, ou par un élargissement 42 de ces guides d'ondes 14, 16 (Figure 4). La zone de couplage 18 entre les guides d'ondes 14, 16 du composant 10 peut différer du reste du cristal photonique de ce composant par la période spatiale des éléments périodiques du cristal, par le facteur de remplissage, par la dimension ou l'indice de réfraction des éléments périodiques, par la présence d'un ensemble de défauts de structure ou de cavités à répartition périodique comme représenté en Figure 2 ou encore par la présence d'un guide d'onde intermédiaire formé par des rangées manquantes ou substantiellement modifiées des éléments périodiques. Ces moyens

permettent en particulier d'améliorer la sélectivité du couplage en longueur d'onde.

5 Dans un exemple de réalisation, le composant 10 est un cristal photonique à motif triangulaire défini sur un substrat de GaAs ou InP ou encore de type SOI (Silicon on Insulator), ce substrat comportant une structuration verticale (par empilement de couches) formant un guide d'onde sensiblement monomode pour la fréquence et la polarisation considérées du signal lumineux incident. Le mode de ce guide d'onde a un indice effectif typiquement compris entre 2,5 et 4. Le cristal photonique a un
10 facteur de remplissage f d'environ 30 à 45%. Ces valeurs de l'indice effectif et du facteur de remplissage et le nombre de rangées manquantes du guide d'onde fixent la valeur u de la fréquence centrale de la MSB. Pour un guide à trois rangées manquantes dans un substrat de InP ou GaAs typique, la valeur de u est de 0,26 et elle est de 0,24 pour un guide à cinq
15 rangées manquantes.

Des mesures ont été effectuées sur un composant de ce type comprenant deux guides d'ondes en cristal photonique, formés chacun par cinq rangées manquantes de trous et séparés l'un de l'autre par une zone de couplage comprenant cinq rangées de trous.

20 On a d'abord effectué une mesure de transmission d'un guide d'onde isolé, en injectant de la lumière à l'entrée du guide d'onde dans le mode fondamental comme indiqué dans l'article précité de S. Olivier et al., Physical Review B 2001, et en captant le signal transmis dans le mode fondamental. Le spectre de ce signal est représenté en Figure 5 en unités
25 arbitraires, en fonction de la longueur d'onde. Dans cet essai, la lumière injectée couvre la bande spectrale 900-1050 nm et la lumière captée à la sortie du guide d'onde a un spectre représenté par la courbe C1, qui présente un creux de transmission pour une longueur d'onde de 920nm. Cette longueur d'onde correspond à la conversion du mode fondamental en
30 mode d'ordre élevé qui est réfléchi par diffraction sur les bords du guide d'onde. Typiquement, la largeur spectrale de la MSB est de 5 à 40 nm,

selon la largeur du guide. Les autres longueurs d'ondes sont transmises normalement.

5 Ensuite, on a injecté de la lumière dans le mode fondamental à l'entrée du guide d'onde 14 du composant 10 et on a capté la lumière transmise en sortie de chaque guide d'onde 14, 16, les spectres transmis étant représentés en Figures 6 et 7 respectivement.

10 On voit que le spectre du signal transmis par le guide d'onde 14 présente un creux pour une longueur d'onde de 930nm environ et que le spectre de la lumière captée en sortie de l'autre guide d'onde 16 présente un pic pour cette longueur d'onde. On notera que le décalage entre la longueur d'onde de 920nm non transmise par le guide d'onde isolé de l'essai de la Figure 5 et la longueur d'onde de 930nm de couplage sélectif entre les deux guides d'ondes 14, 16 de dispositif 10 est dû uniquement à de petites différences de paramètres de fabrication entre le composant 10
15 utilisé pour la mesure des Figures 6 et 7 et celui utilisé pour la mesure de la Figure 5.

20 De façon générale, le dispositif de couplage sélectif selon l'invention est applicable au routage de signaux optiques avec une sélection en fréquence, notamment dans le domaine des télécommunications, et au mélange de signaux de fréquences différentes, notamment dans le domaine de l'opto-électronique où l'on utilise des ondes optiques comme porteuses de signaux en hyperfréquence, l'usinage laser multi-fréquence, etc.

REVENDICATIONS

1/ Dispositif de couplage optique directionnel et sélectif en longueur
5 d'onde entre deux guides d'ondes, caractérisé en ce qu'il comprend un
composant (10) plan à structure de cristal photonique constitué d'une
pluralité d'éléments (20) à répartition périodique, ce composant comprenant
deux guides d'ondes parallèles (14, 16) séparés par une zone de couplage
(18), la zone de couplage étant formée de rangées parallèles et adjacentes
10 desdits éléments (20) à répartition périodique et les guides d'ondes (14, 16)
étant formés de rangées parallèles et adjacentes dépourvues desdits
éléments (20) à répartition périodique ou formées de tels éléments dont les
dimensions, les positions ou l'indice de réfraction ont été substantiellement
modifiés, les bords longitudinaux des guides d'ondes ayant une structure
15 périodique assurant, pour une fréquence déterminée, d'une part un
couplage local entre un mode guidé dans l'un (14) des guides d'ondes et
un mode d'ordre supérieur de ce guide d'onde, d'autre part un couplage
entre ce mode d'ordre supérieur et un mode d'ordre supérieur de l'autre
guide d'onde (16) à travers la zone de couplage (18), et un couplage entre
20 le mode d'ordre supérieur de l'autre guide d'onde (16) et le mode guidé de
cet autre guide d'onde, de sorte que ladite fréquence peut être extraite d'un
signal guidé dans le premier guide (14) et injectée dans l'autre guide
d'onde (16).

25 2/ Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le mode
guidé précité est le mode fondamental du guide d'onde.

30 3/ Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les
caractéristiques de structure de la zone de couplage (18) entre les guides
d'ondes (14, 16) sont identiques à celles du cristal photonique (12) de part
et d'autre des guides d'ondes (14, 16).

4/ Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que des caractéristiques de structure de la zone de couplage (18) entre les guides d'ondes sont différentes de celles du cristal photonique (12) de part et d'autre des guides d'ondes (14, 16).

5/ Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque guide d'onde (14, 16) du composant (10) est raccordé à ses extrémités à un guide d'onde d'entrée (22, 24) et à un guide d'onde de sortie (26, 28).

6/ Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les guides d'ondes d'entrée et de sortie (22, 24, 26, 28) sont à structure de cristal photonique.

7/ Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que les caractéristiques de structure des guides d'ondes (14, 16) du composant (10) sont différentes de celles des guides d'ondes d'entrée et de sortie (22, 24, 26, 28).

8/ Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que les périodes des éléments (20) du cristal photonique (12) du composant (10) sont différentes de celles des cristaux photoniques comprenant les guides d'ondes d'entrée et de sortie (22, 24, 26, 28).

9/ Dispositif selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que le facteur de remplissage du cristal photonique (12) comprenant les guides d'ondes (14, 16) du composant (10) est différent des facteurs de remplissage des cristaux photoniques comprenant les guides d'ondes d'entrée et de sortie (22, 24, 26, 28).

10/ Dispositif selon l'une des revendications 7 à 9, caractérisé en ce que les largeurs transversales des guides d'ondes (14, 16) du composant (10) sont différentes de celles des guides d'ondes d'entrée et de sortie (22, 24, 26, 28).

5

11/ Dispositif selon l'une des revendications 4 à 10, caractérisé en ce que la zone de couplage (18) entre les guides d'ondes (14, 16) comprend au moins une cavité (36) ou un défaut de structure.

10

12/ Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce que la zone de couplage (18) entre les guides d'ondes (14, 16) du composant (10) comprend plusieurs cavités (36) ou défauts de structure à répartition périodique.

15

13/ Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la zone de couplage (18) entre les guides d'ondes (14, 16) du composant (10) comprend un guide d'onde intermédiaire.

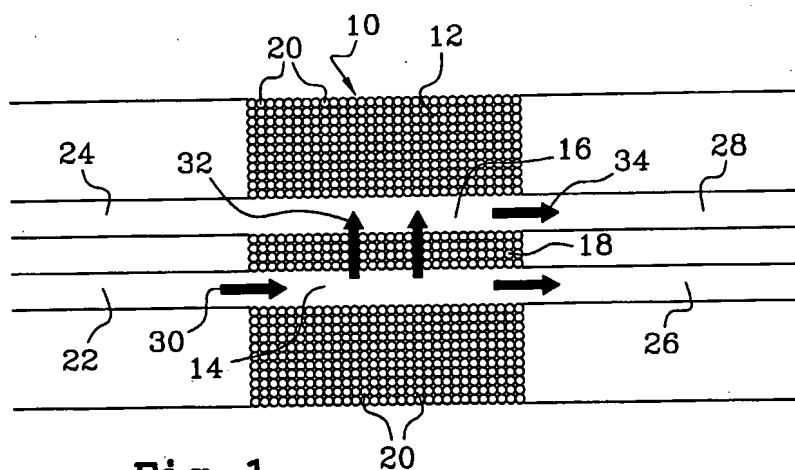
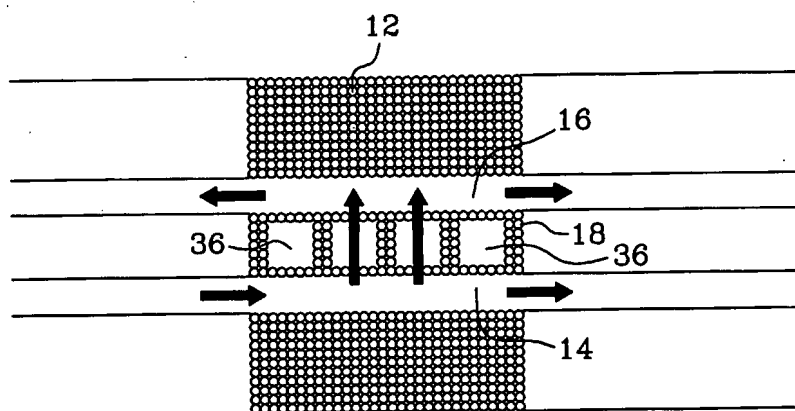
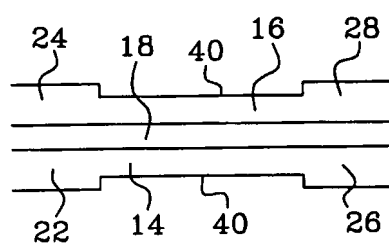
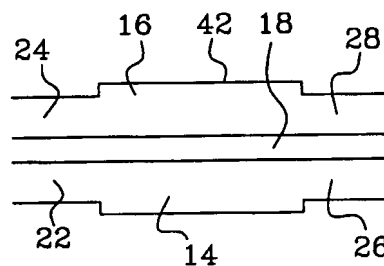
20

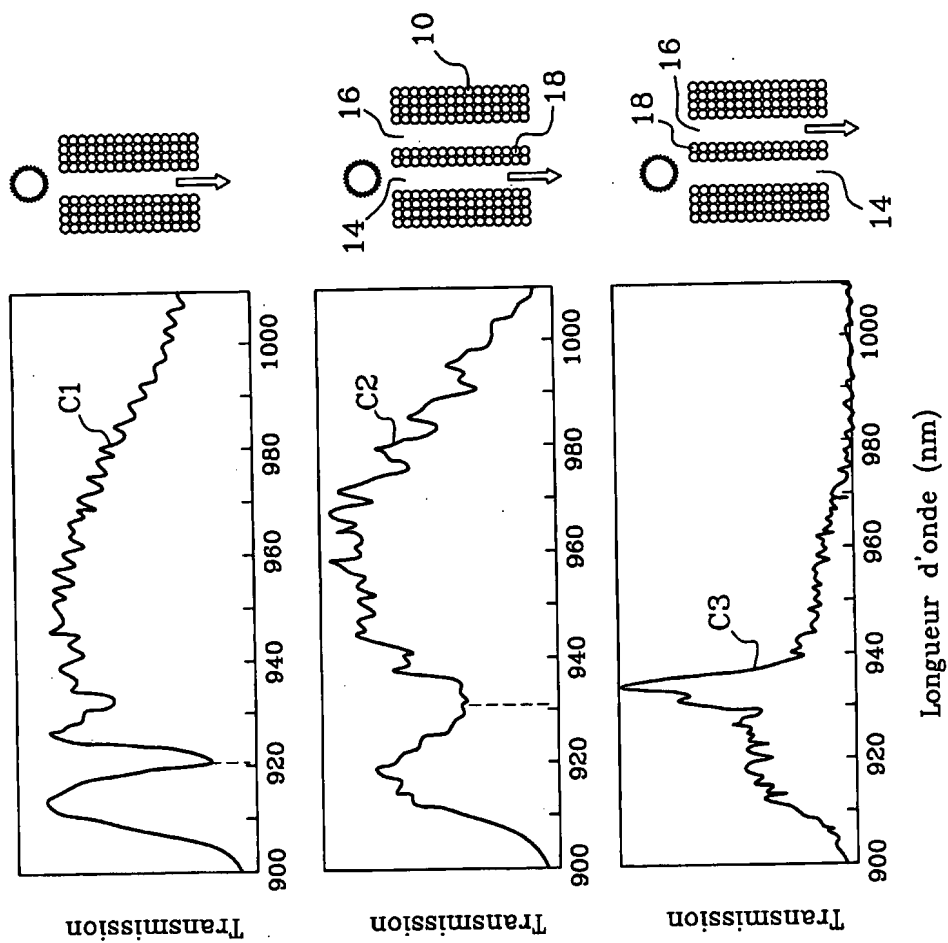
14/ Dispositif selon l'une des revendications 4 à 12, caractérisé en ce que les dimensions des éléments périodiques (20) et/ou la période spatiale de ces éléments ou leur indice de réfraction dans la zone de couplage (18) sont différents de ceux du reste du cristal photonique (12).

25

15/ Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le composant (10) comprend un guide d'onde planaire diélectrique sensiblement monomode à la fréquence précitée.

1/2

**Fig. 1****Fig. 2****Fig. 3****Fig. 4**

Fig. 5Fig. 6Fig. 7



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 619898
FR 0207957

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 2001/026668 A1 (YAMADA HIROHITO) 4 octobre 2001 (2001-10-04) * figures 8,9 * * page 8, ligne 0132 - page 9, ligne 0138 * * page 10, ligne 0144 *	1,9	G02B6/26
A	US 6 130 969 A (JOANNOPOULOS JOHN D ET AL) 10 octobre 2000 (2000-10-10) * figures 1,3,4,8,10,13,16-21 * * colonne 8, ligne 51 - colonne 10, ligne 10 * * colonne 11, ligne 39 - colonne 15, ligne 23 *	1,3, 11-13	
A	US 5 526 449 A (JOANNOPOULOS JOHN ET AL) 11 juin 1996 (1996-06-11) * figures 9-12 * * colonne 9, ligne 38 - colonne 10, ligne 33 *	1,5-7,10	
A,D	SMITH C J M ET AL: "COUPLED GUIDE AND CAVITY IN A TWO-DIMENSIONAL PHOTONIC CRYSTAL" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 78, no. 11, 12 mars 2001 (2001-03-12), pages 1487-1489, XP001015020 ISSN: 0003-6951 * le document en entier *	1-3	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7) G02B
		-/--	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
24 mars 2003		Mathyssek, K	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

2

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 619898
FR 0207957

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A, D	TOKUSHIMA M ET AL: "Photonic crystal line defect waveguide directional coupler" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 37, no. 24, 22 novembre 2001 (2001-11-22), pages 1454-1455, XP006017576 ISSN: 0013-5194 * le document en entier *	1	
A	US 4 483 583 A (UNGER HANS-GEORG) 20 novembre 1984 (1984-11-20) * figures * * colonne 4, ligne 43 - colonne 8, ligne 59 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
24 mars 2003		Mathyssek, K	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

2

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0207957 FA 619898**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 24-03-2003
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2001026668 A1	04-10-2001	JP 2001281480 A	10-10-2001
US 6130969 A	10-10-2000	EP 0988569 A1	29-03-2000
		JP 2001508887 T	03-07-2001
		US 6101300 A	08-08-2000
		US 2002118923 A1	29-08-2002
		WO 9857207 A1	17-12-1998
		US 6512866 B1	28-01-2003
US 5526449 A	11-06-1996	CA 2153485 A1	21-07-1994
		DE 69430361 D1	16-05-2002
		EP 0678196 A1	25-10-1995
		JP 8505707 T	18-06-1996
		WO 9416345 A1	21-07-1994
US 4483583 A	20-11-1984	DE 3108742 A1	23-09-1982
		CA 1185333 A1	09-04-1985
		FR 2501383 A1	10-09-1982
		GB 2096790 A ,B	20-10-1982
		JP 1818603 C	27-01-1994
		JP 5022209 B	26-03-1993
		JP 57161706 A	05-10-1982

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82